

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 9月12日
Date of Application:

出願番号 特願2002-266534
Application Number:

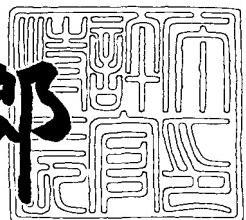
[ST. 10/C] : [JP2002-266534]

出願人 新日本製鐵株式会社
Applicant(s):

2003年 7月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3056232

【書類名】 特許願
【整理番号】 YP02FK0250
【提出日】 平成14年 9月12日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 E04B 1/24
E04B 1/58 501
E04B 1/94

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術
開発本部内

【氏名】 岡田 忠義

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術
開発本部内

【氏名】 宇野 輝芳

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町2-6-3 新日本製鐵株式会社
内

【氏名】 鎌田 伸

【特許出願人】

【識別番号】 000006655

【氏名又は名称】 新日本製鐵株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068423

【弁理士】

【氏名又は名称】 矢葺 知之

【電話番号】 03-5687-6054

【選任した代理人】

【識別番号】 100080171

【弁理士】

【氏名又は名称】 津波古 繁夫

【電話番号】 03-5687-6054

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013309

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 火災を受ける鉄骨構造物のボルト接合部構造であって、室温で 1200N/mm^2 以上のボルト引張強さ(TS)を有し、かつ、 $600^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C}$ でのボルト引張強さが $0.202 \times \sqrt{3} \times TS \times (\text{ねじ部有効断面積}/\text{軸部断面積})$ 以上である、耐火性に優れた超高力ボルトを使用したことを特徴とする無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造。

【請求項 2】 使用したナットおよび座金が、耐火性能を規定していない一般の構造用高力六角ナット、構造用高力平座金であることを特徴とする請求項1記載の無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造。

【請求項 3】 使用した柱・梁部材および接合金物の一部または全部が高温時の強度が保証された鋼材であることを特徴とする請求項1または請求項2記載の無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造。

【請求項 4】 前記超高力ボルトは、質量%で、C:0.30~0.45%、Si:0.10%未満、Mn:0.40%超~1.00%未満、P:0.010%未満、S:0.010%以下、Cr:0.5%以上~1.5%未満、Mo:0.35%超~1.5%未満、V:0.30%超~1.0%以下を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなる、耐火性および耐遅れ破壊特性に優れた超高力ボルトであることを特徴とする、請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、火災を受ける可能性のある鉄骨構造物を構成する、主として柱・梁部材、または梁部材どうしを、直接または接合金物を介して高力ボルト接合する場合に適用される、耐火性および耐遅れ破壊特性に優れた高力ボルトを使用する、無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

火災を受ける可能性のある鉄骨構造物を構成する、柱・梁部材などの鋼材は、火災時に高温に晒され強度が低下して鉄骨構造物としての充分な機能を維持できなくなることから、従来、鋼材自体に面倒な耐火被覆を施したり、耐火材による保護構造を用いて鋼材を高温から保護することが行われている。

しかし、このように、鋼材に耐火被覆を施したり、鋼材を耐火材による保護構造を用いることは、材料コスト、施工コスト負担を増大させることになることから、近年、火災時間に相当する時間における高温強度を高めた、いわゆる無耐火被覆鉄骨構造物の実現を主目的とした高温強度に優れた耐火鋼が多数開発されてきており、これらの耐火鋼からなる鋼材の高力ボルト接合部に関しても、高温強度が要求されるようになってきた。

高力ボルト・ナットに関しては、例えば、特開平2-247355号公報記載の発明では、Mo添加により、室温で 1000N/mm^2 以上のボルト引張強さを有し、かつ 600°C 以上での高温強度に優れたボルトおよびナット用鋼が提案されているが、高温強度が充分なものとは言い難く、より高い高温強度を得るために、Ni、V等の高価な合金元素を添加する必要がありコスト上昇の問題もある。

また、特開平5-51698号公報および特開平5-98389号公報記載の発明では、室温で 1000N/mm^2 以上のボルト引張強さを有し、かつ 600°C で 400N/mm^2 以上の降伏強度を有するボルトおよびナット用鋼が開示されているが、Nb、W等の特殊元素の添加が必要でありコスト上昇の問題がある。また、高温強度が充分なものとは言い難い。

一方、上記従来公知の耐火鋼や高力ボルトの場合、ボルト引張強さが 1100N/mm^2 程度のものもあるが、降伏応力以下で使用してもボルト締結からある時間経過後にボルトが突然破断する「遅れ破壊現象」を生じる恐れがあるため、鉄骨構造物の重要な接合部品であるボルトとして安心して使用できないという問題がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

上記公知の発明に開示されている高力ボルトやナットは、いずれも合金元素の

添加を特徴とするものであり、耐火性を向上させようとすると結果的に高価な合金元素の添加量が増加し、素材コストが上昇するという本質的な問題点に加え、遅れ破壊現象の発生という問題も抱えている。

本発明は、遅れ破壊の問題を解決すると同時に、素材コストの上昇を抑えながら $600^{\circ}\text{C} \sim 650^{\circ}\text{C}$ の高温域で強度を十分に確保でき、耐火被覆や、耐火材による保護構造に依存しない超高力ボルトを使用した、無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造を提供するものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の課題を解決するために以下の（1）～（4）を要旨とするものである。

（1） 火災を受ける鉄骨構造物のボルト接合部構造であって、室温で 1200 N/mm^2 以上のボルト引張強さ（T S）を有し、かつ、 $600^{\circ}\text{C} \sim 650^{\circ}\text{C}$ でのボルト引張強さが $0.202 \times \sqrt{3} \times \text{T S} \times (\text{ねじ部有効断面積} / \text{軸部断面積})$ 以上である、耐火性に優れた超高力ボルトを使用したことを特徴とする無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造。

（2） （1）において、使用したナットおよび座金が、耐火性能を規定していない一般の構造用高力六角ナット、構造用高力平座金であることを特徴とする無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造。

（3） （1）または（2）において、使用した柱・梁部材および接合金物の一部または全部が高温時の強度が保証された鋼材であることを特徴とする無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造。

（4） （1）ないし（3）のいずれかにおいて、前記超高力ボルトは、質量%で、C: 0.30～0.45%、Si: 0.10%未満、Mn: 0.40%超～1.00%未満、P: 0.010%未満、S: 0.010%以下、Cr: 0.5%以上～1.5%未満、Mo: 0.35%超～1.5%未満、V: 0.30%超～1.0%以下を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなる、耐火性および耐遅れ破壊性に優れた超高力ボルトであることを特徴とする、無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造。

【0005】

【発明の実施の形態】

本発明は、火災を受ける可能性のある鉄骨構造物を構築する、例えば柱・梁部材、または梁部材どうしを、直接または接合金物を介して高力ボルト接合する高力ボルト摩擦接合部構造において適用されるものであり、室温域および600℃～650℃の高温域において充分な強度を確保でき、耐遅れ破壊特性に優れた超高力ボルトを使用して、耐火被覆、耐火材による保護構造に依存しない無耐火被覆を実現可能な高力ボルト接摩擦合部構造を実現するものである。

本発明は、室温で 1200N/mm^2 以上、 1600N/mm^2 以下のボルト引張強さ（TS）を有し、かつ600℃～650℃でのボルト引張強さが $0.202 \times \sqrt{3} \times TS \times$ （ねじ部有効断面積／軸部断面積）以上で、特に、剪断に対する許容耐力と耐火性および耐遅れ破壊特性に優れた超高力ボルト（トルシア形超高力ボルトを含み以下「超高力ボルト」という。）を用いて構成される高力ボルト摩擦接合部構造であり、ボルト本数および添板長さや幅の低減により、ボルト接合部全体のコスト低減を図ると同時に、600℃～650℃の高温域において、ボルト接合部の高温強度を向上させ無耐火被覆の高力ボルト摩擦接合部構造を実現するものである。

ここで、ボルト引張強さが $0.202 \times \sqrt{3} \times TS \times$ （ねじ部有効断面積／軸部断面積）以上という条件は、日本建築学会が1973年制定、1993年改定した「高力ボルト接合設計施工指針」の規定に準拠する条件として導出された条件である。

【0006】

本発明を実現するための耐火性の高力ボルト用鋼材としては、例えば本願出願人の出願になる特願2001-82325の発明に開示されるものが適性がある。この発明で開示される鋼材は、耐遅れ破壊特性に優れていることを特徴とするものであるが、室温域で充分な強度を有し600℃～650℃の高温域で充分な強度を有することから、本発明の無耐火被覆の高力ボルト摩擦接合構造を実現するための耐火性に優れた超高力ボルト素材として高い適性を有するものである。

例えば、この鋼材を圧延して線材とし、この線材から、ねじ部が例えばM22

である高力ボルトを作成し、焼入れ、焼戻しを行いボルトの引張強さを1200～1600N/mm²の範囲で調整して、本発明で使用する耐火性および耐遅れ破壊特性に優れた超高力ボルトを得ることができる。この超高力ボルトの形状としては、ねじ部での応力の集中を緩和する意味で、特願2001-82325号の発明に開示されるように、ねじ部の谷底形状を弧状曲線に形成することも有効である。

なお、本発明で使用する耐火性および耐遅れ破壊特性に優れた超高力ボルトは、すべての部位で使用してもよいが、使用部位によって求められる特性が異なってくることから、この求められる特性に応じて使用部位を厳選し、素材コスト負担を軽減することを考慮することができる。

【0007】

本発明の高力ボルト接摩擦合部構造においては、高力ボルトの高温強度、特に剪断耐力レベルが高いことが要求されるが、使用するナットおよび座金は、ボルト接合部が支圧状態に移行した際に、高力ボルトのような剪断応力が作用しないので、高力ボルトと同様の高温強度を有している必要がなく、例えば耐火性能を規定していない一般の構造用高力六角ナット、構造用高力平座金でも充分な高温強度を確保することができる。

また、本発明を適用した高力ボルト接摩擦合部構造において使用する柱・梁部材、接合金物などの部材は、すべてが高温時の強度が保証された鋼材によって形成してもよいが、使用部位によって求められる特性が異なってくることから、高温時の強度が保証された鋼材で形成する部位を厳選し、素材コスト負担を軽減することを考慮することができる。

本発明で使用する高温時の強度が保証された鋼材は、600℃以上の温度の場合、一般に耐火鋼と呼称されており、例えば、特開平2-77523号公報記載の発明では、600℃で常温降伏強度の3分の2の高温強度を有する耐火鋼が提案されている。なお、本発明はこの例に限定されるものではない。

【0008】

以下に本発明についてより具体的に説明する。

本発明者らは、火災を受ける可能性のある鉄骨構造物を構築する場合において

、「高力ボルト接合設計施工指針」の規定に準拠して、室温域および600°C以上の高温域において、ボルト接合部の高温強度を充分に確保でき、耐遅れ破壊特性に優れ、ボルト接合部全体のコスト低減を実現する無耐火被覆の高力ボルト接合部構造を得るための条件について検討を重ねた。

その結果、この条件を満足させるには、室温で 1200N/mm^2 以上、 1600N/mm^2 以下のボルト引張強さ(TS)を有し、かつ、 $600^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C}$ での引張強さが $0.202 \times \sqrt{3} \times TS \times (\text{ねじ部有効断面積}/\text{軸部断面積})$ 以上である耐火性に優れた超高力ボルトを用いることが有効であることを知見した。

【0009】

例えば、室温のボルト引張強さを 1400N/mm^2 、すなわち従来のF10Tの高力ボルトのボルト引張強さ 1000N/mm^2 の1.4倍にできた場合には、例えば、図1、図2に示すように、梁部材1aと1bを、接合金物であるフランジ外側添板2aと内側添板2bおよびウェブ側部添板2cを介して高力ボルトにより接合する高力ボルト摩擦接合構造の場合を例にとると、高力ボルトとして、例えばねじ部がM22のF10Tの高力ボルト3を使用した従来の高力ボルト摩擦接合部構造は図1に示すようになり、ねじ部がM22の超高力ボルト4を使用した本発明の高力ボルト摩擦接合部構造は図2に示すようになる。

この図1と図2の比較で明らかなように、図2の本発明の高力ボルト摩擦接合部構造の場合には、図1の従来のボルト摩擦接合部構造に比べ、超高力ボルト5の本数を約2/3に減少させ、フランジ外・内側添板2aと2bの長さ、ウェブ側部添板2cの幅を約2/3に減少させることができ、ボルト接合部構造のコンパクト化が可能であり、材料コストを低減するとともに施工時間の短縮が可能になる。

これらの効果は、 $600^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C}$ での高温強度向上のために、例えば特願2001-82325号の発明レベルでの高価な合金添加等があってコスト上昇があっても充分に評価できるものである。

ここでは、梁部材1aと1bを、接合金物であるフランジ外側添板2aと内側添板2bおよびウェブ側部添板2cを介して高力ボルトにより接合する高力ボルト摩擦接合構造の場合を例にして説明したが、例えば、角形鋼管柱や円形鋼管な

どを主体とした柱部材とH形やI形断面材を主体とした梁部材を各種の接合金物を介して高力ボルトにより接合する高力ボルト摩擦接合構造の場合などでも、概ね同様の評価ができる結果を得ることができる。

【0010】

本発明のボルト接合部を構成する耐火性に優れた超高力ボルトとしては、例えば、ボルトの引張強さ T_S (N/mm^2) と焼戻し温度 T ($^\circ C$) の関係が下記(1)式を満足し、かつ T_S (N/mm^2) とその高力ボルト用の鋼材の化学成分から計算される炭素当量 C_{eq} (%) の関係が下記(2)式を満足し、焼入れ、焼戻しによりボルト引張強さが $1200 N/mm^2$ 以上、 $1600 N/mm^2$ 以下の範囲に調質されている鋼材が適性がある。

この鋼材としては、質量%で、C : 0.30 ~ 0.45%、Si : 0.10%未満、Mn : 0.40%超~1.00%未満、P : 0.010%未満、S : 0.010%以下、Cr : 0.5%以上~1.5%未満、Mo : 0.35%超~1.5%未満、V : 0.30%超~1.0%以下を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼材（本願出願人の出願になる特願2001-82325号の発明に開示される鋼材）が適性が高い。

【0011】

この鋼材により、例えば室温のボルト引張強さ (T_S) が $1400 N/mm^2$ で、かつ、 $600 \sim 650 ^\circ C$ でのボルト引張強さが $0.202 \times \sqrt{3} \times T_S \times$ (ねじ部有効断面積/軸部断面積) 以上を満足する耐火性に優れた超高力ボルトが得られ、この超高力ボルトの使用により無耐火被覆ボルト接合部の実現が可能である。

$$T_S \leq (1.1 \times T + 850) \dots \dots \dots \dots \dots \quad (1)$$

$$T_S \leq (550 \times C_{eq} + 1000) \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2)$$

ここで、 T_S : 高力ボルト引張強さ (N/mm^2)

T : 焼戻し温度 ($^\circ C$)

C_{eq} : 炭素当量 (%)

$$\begin{aligned} C_{eq} = & C + (Mn / 6) + (Si / 24) + (Ni / 40) \\ & + (Cr / 5) + (Mo / 4) + (V / 14) \end{aligned}$$

【0012】

1) 高温強度等の限定の考え方

鉄骨構造物の高力ボルト摩擦接合部は、火災による高温時において、ボルトと鋼板（部材）のリラクゼーションおよびヤング係数の低下により導入軸力が弛緩し、すべり荷重が低下する。しかしながら、火災時は、ボルト接合部が最終的に長期荷重を支持できればよいことから、耐火設計におけるボルト接合部の安全性評価は、すべり耐力ではなく支圧耐力（ボルトの長期許容剪断耐力）で評価すればよいことになる。

日本建築学会が1973年制定、1993年改定した「高力ボルト接合設計施工指針」の規定の各式（2. 3）、（2. 4）、（2. 2b）、表2. 2、表2. 3（F10T相当）に準拠して考察すると、火災時のボルト接合部は、高温時のボルト引張強さ $T_{S,t}$ (N/mm^2) と室温でのボルトの長期許容剪断耐力 $b_{f,s}$ (N/mm^2) との関係式（3）を満足する高温時ボルト引張強さ $T_{S,t}$ にしておけば、接合部の耐火安全性が検証できる。

$$T_{S,t} / \sqrt{3} \geq b_{f,s} = \mu \times N_o / (\nu \times b_{A,s}) \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 $T_{S,t}$: 高温時のボルト引張強さ (N/mm^2)

$b_{f,s}$: 室温でのボルトの長期許容剪断耐力 (N/mm^2)

μ : すべり係数（ここでは0.45）

N_o : 設計ボルト張力 (N)

$$N_o = 0.675 \times T_S \times b_{A,e}$$

T_S : 室温でのボルト引張強さ (N/mm^2)

$b_{A,e}$: ねじ部有効断面積 (mm^2)

ν : 安全率（ここでは長期荷重時に対応して1.5）

$b_{A,s}$: 軸部断面積 (mm^2)

式（3）の左辺の分母 $\sqrt{3}$ を払って書き直すと、式（4）のようになる。例えば、室温のボルト引張強さ (T_S) が $1400 N/mm^2$ 、かつ、ねじ部有効断面積／軸部断面積 ($b_{A,e} / b_{A,s}$) が 0.8 の場合には、 $T_{S,t}$ は式（4）から、 $392 N/mm^2$ 以上を満足すればよいことが分かる。

$$T_{S,t} \geq 0.202 \times \sqrt{3} \times T_S \times b_{A,e} / b_{A,s} \dots \dots \dots (4)$$

また、本発明者らは、高力ボルト摩擦接合部の耐火設計は、ボルトの長期許容剪断耐力で評価するため、すべり荷重に多少影響する可能性はあるものの、ナット・座金の高温耐力は最終的には無視できることを見出した。したがって、摩擦接合用のボルト接合部において、ナット・座金に用いる構造用高力六角ナット、構造用高力平座金には、特別の耐火特性の付与を要求しなくてもよい。

【0013】

2) 鋼材成分等の限定の考え方

室温で 1200N/mm^2 以上のボルト引張強さを有する高力ボルト用鋼に関しては、例えば、特開平1-191762号公報および特開平3-173745号公報記載の発明に開示されているように、遅れ破壊によるボルトの破断面が粒界破壊を呈することに着目して、鋼材を構成する化学成分中のP、S等の不純物を低減することにより粒界を強化するとともに、組織制御の観点からMo、Crを添加して 400°C 以上の高温焼戻しを指向し、遅れ破壊の原因である水素が鋼材中に侵入しても容易に破壊に至らない特性を付与してなる製法がある。特に、不純物のPを低減することは、特開平5-9653号公報記載の発明にも開示されているように、粒界に偏析するPを低減し、粒界強化を図る上で極めて有効な技術である。

【0014】

しかしながら、上記した製法でも、ある濃度以上の水素が鋼材成分中に侵入すれば遅れ破壊が引き起こされるため、ボルトの耐遅れ破壊特性をさらに向上させるには、鋼材成分中に水素を侵入し難くすること、あるいは、旧オーステナイト粒界への水素の集積を低減することが効果的である。

例えば、特開平5-70890号公報記載の発明に開示されているように、鋼材成分中へのSi、Niの同時添加により鋼材への水素の侵入および拡散を抑制する技術が提案されている。ところが、このようなSiの添加はボルトの冷鍛性を損なうばかりでなく、Niの添加はコスト高になるという問題がある。

また、特開平7-278735号公報記載の発明には、上記の要求に応え、焼戻し時に顕著な二次硬化を起こす元素であるMo、Cr、Vの複合添加により、 450°C 以上の高温焼戻しにおいても室温で 1200N/mm^2 以上の引張強さを有

し、かつ耐遅れ破壊特性に優れたボルト用鋼が開示されている。しかし、この場合でも、450°C以上の温度で焼戻ししても、引張強さを1400N/mm²以上に調質した場合には遅れ破壊の発生率が高くなるという問題がある。

【0015】

本発明者らは、上記の事情に鑑みて種々研究した結果、ボルト引張強さと焼戻し温度の関係式、および、ボルト引張強さと鋼材の化学成分から計算される炭素当量の関係式が導き出されることを知見し、これら両式を満足するように鋼材の化学成分を設定して、焼入れおよび焼戻し処理することにより、ボルト引張強さが1200N/mm²以上に調質可能な耐遅れ破壊特性に優れた高力ボルト用鋼が製造できることを確認した。

一方、鋼材の耐火温度は、Feを主成分としてC、Si、Mnを含有させ、これに例えば耐熱鋼で利用されるCr、Mo、Mn、Vなどの合金元素を添加することで、耐火温度レベルを600°C以上に強化することが可能である。

【0016】

本発明者らは、以上のことから、耐遅れ破壊特性に優れた高力ボルト、および、耐火性に優れた高力ボルトは、鋼材の化学成分の観点から共通の課題を有しており、これを解決することで両者の特性を併せ持つ高力ボルトが実現できることを見出した。本発明では、耐火性に優れた超高力ボルトとして用いることにより、ボルト接合部全体のコスト低減を可能とし、かつ、600～650°Cでの高温強度が高い無耐火被覆ボルト接合部構造を提供することを目的とする。

【0017】

3) 耐火性に優れた超高力ボルトの化学成分、焼戻し温度の限定理由

3-1) 化学成分

Cは、焼入れ・焼戻し処理により引張強度を確保するために必要な元素であるが、その含有量が0.30%未満では室温強度を確保することができず、また0.45%を超えて添加すると韌性が劣化する。したがって、その成分範囲を0.30%以上～0.45%以下に限定する。

Siは、脱酸に必要な元素であり、鋼の強度向上に有効であるが、その含有量が0.1%以上であると韌性が劣化し、鋼の脆性が著しくなる。また、フェライ

トの固溶強化作用の大きい元素であるために、球状化焼鈍を行っても冷間鍛造が困難となる。さらに熱処理時に粒界酸化が起き易くなり、その切欠効果によってボルトの耐遅れ破壊特性を劣化させる元素であるために極力低減すべきである。したがって、その成分範囲を0.10%未満に限定する。

Mnは、焼入れ性を向上させるのに有効な元素であるが、その添加量が0.40%以下では所望の効果を得ることができず、また1.00%以上添加すると焼戻し脆化を生じ、耐遅れ破壊特性が劣化するので、その成分範囲を0.40%超～1.00%未満に限定する。

【0018】

Pは、粒界に偏析し、粒界強度を低下させ耐遅れ破壊特性を劣化させる元素である。また、著しい腐食環境である塩酸中において、鋼材表面での水素発生を促進する効果を通じて鋼の腐食量を増加させる元素であり、極力低減すべきである。その含有量が0.010%以上あると鋼材中に侵入する水素量が著しく増大するため、0.010%未満に限定する。

Sは、粒界に偏析して鋼の脆化を促進する元素であるため、Sの含有量を極力低減すべきである。その含有量が0.010%を超えると脆化が著しくなるため、0.010%以下に限定する。

Crは、鋼の焼入れ性を高めると同時に高温強度を向上させる元素であり、かつ鋼に焼戻し軟化抵抗を付与する効果があるが、その添加量が0.5%未満では前記作用に効果が得られず、他方、経済性を考慮し、その添加量を0.5%超～1.5%未満に限定する。

【0019】

Moは、高温強度の向上に最も有効な元素であり、かつ高温焼戻しを可能とすることによって耐遅れ破壊特性を向上させる元素であるが、その添加量が0.35%未満では所望の効果を得ることができず、一方、1.5%を超えて添加すると焼入れ時に未溶解炭化物が母相に固溶し難くなり、延性を損なうため、その添加量を0.35%超～1.5%未満に限定する。

Vは、焼戻し時に微細な窒化物、炭化物として析出して鋼の強度（高温強度含む）を向上させ、高温焼戻しを可能とする元素であり、かつ旧オーステナイト粒

を微細化させる効果がある。さらに焼戻し時に粒内に析出した炭窒化物は水素のトラップサイトとなり、粒界に集積する水素を低減することによって耐遅れ破壊特性を大幅に向上させる効果を持つ。しかし、その添加量が0.3%以下では旧オーステナイト粒度No.10を達成できず、耐遅れ破壊特性を向上させるまでには至らない。また1.0%を超えて添加するとボルトの冷鍛性を損なう。またVは高価な元素であるため経済性も考慮して、その含有量を0.3%超～1.0%以下に限定する。

なお、上記した必須成分以外にも、Al、Ni、Ti、Nbを必要に応じて適当量含有させることができる。

【0020】

3-2) 焼戻し温度

遅れ破壊は旧オーステナイト粒界割れを呈することから、ボルトの耐遅れ破壊特性の向上には、250～400°Cの低温焼戻し脆性温度領域を避けるとよく、さらに旧オーステナイト粒界へのフィルム状セメンタイトの析出を抑制するため、焼戻し温度上昇による炭化物の形態の制御が有効であること、および水素のトラップサイトとなるV炭窒化物を析出させ、粒界に集積する水素を低減することが有効である。したがって、焼戻し温度を450°C以上とすることも可能であるが、これに限定されることなく、ボルトの耐遅れ破壊特性は、高力ボルトの引張強さTS(N/mm²)と焼戻し温度(°C)との関係式(1)、および高力ボルトの引張強さTS(N/mm²)と炭素当量Ce_{eq}(%)との関係式(2)を満足する焼戻し温度にしておけば十分であることを、実験結果から見出した。

【0021】

【実施例】

本発明の高力ボルト摩擦接合部構造において使用する超高力ボルトの実施例を以下に説明する。

表1に示す化学成分組成を有する本発明による供試鋼を用い、線径φ21.5mmの線材に熱間圧延を施し、得られた各種線材から、ねじ部がM22である高力ボルトを作成し、焼入れ、焼戻しによりボルト引張強さを1200～1700N/mm²の範囲で調整した超高力ボルトとした。

ここで、ボルト引張強さは成分と焼戻し温度で調整し、焼戻し温度は290～700°Cの範囲で行った。この焼戻しは、①炭化物の形態制御と②粒界に集積する水素を低減するために行った。この焼戻し温度と、焼戻し後の室温における超力ボルトの引張強さ (TS) を比較例の高力ボルトの場合とともに表2に示す。図3および図4は、表1に示す供試鋼を用いて得られた多くの具体的実験データから、焼き戻し後の遅れ破壊の発生の有無を、図中×印（遅れ破壊発生）および○印（遅れ破壊発生せず）として示す。両図とも、前記関係式(1)および(2)を満足する領域では、遅れ破壊は発生していないことを示している。

図5は、ねじ部がM22の高力ボルトについて、本発明の超力ボルトのボルト引張強さと試験温度との関係を、比較例1（耐火F10Tボルト）、比較例2（一般F10Tボルト）の場合と併せて示したものである。なお、本発明の超力ボルトは室温のボルト引張強さを1400N/mm²以上に調質したものである。図5では、室温でのボルト引張強さが1450N/mm²で、かつ600～650°Cでのボルト引張強さは前記関係式(4)を満足している。

【0022】

【表1】

供試鋼 No	化 学 成 分 (質量%)										Ceq	
	C	S i	Mn	P	S	C r	M o	A l	V	N i	T i	
1	0.40	0.07	0.42	0.005	0.009	0.61	1.20	0.020	0.56			0.935
2	0.34	0.04	0.79	0.007	0.003	1.21	0.99	0.015	0.36			0.989
3	0.34	0.03	0.66	0.002	0.002	0.98	0.50	0.062	0.67			0.820
4	0.39	0.07	0.50	0.008	0.008	1.21	0.58	0.025	0.35			0.888
5	0.39	0.05	0.51	0.005	0.009	1.21	0.57	0.021	0.34			0.886
6	0.40	0.08	0.81	0.005	0.008	0.58	0.22	0.019	0.35	0.65	0.04	0.761
7	0.40	0.05	0.54	0.08	0.008	1.00	1.00	0.032	0.32			0.942
8	0.44	0.03	0.85	0.005	0.004	0.90	1.45	0.020	0.70	0.50	0.02	1.188
9	0.43	0.05	0.80	0.005	0.003	1.01	1.20	0.033	0.40	0.20		1.100
10	0.42	0.05	0.75	0.003	0.004	0.83	1.10	0.030	0.40	0.10		0.020
11	0.41	0.08	0.95	0.007	0.001	1.41	0.93	0.072	0.40	0.00		
12	0.31	0.06	0.50	0.018	0.007	1.01	0.60	0.032	0.29	0.00		
13	0.34	0.17	0.76	0.015	0.017	1.00	0.17	0.025	0.00	0.00		
14	0.19	0.08	0.97	0.013	0.004	0.15	0.00	0.032	0.00	0.00		
15	0.40	0.23	0.81	0.005	0.008	0.58	0.22	0.019	0.00	0.65	0.04	0.732
16	0.32	0.21	0.62	0.010	0.008	1.25	0.59	0.027	0.00	0.00	0.02	0.830
17	0.30	0.94	0.49	0.011	0.006	1.99	0.20	0.074	0.00	0.00		0.869
18	0.32	0.99	0.46	0.007	0.006	1.97	0.40	0.027	0.00	0.00		0.932

$$C_{eq} = C + (Mn/6) + (Si/24) + (Ni/40) + (Cr/5) + (Mo/4) + (V/14)$$

【0023】

【表2】

	供試鋼	焼戻温度T (°C)	引張強さTS (N/mm ²)	TS≤ 1.1T+850	TS≤ 550Ce _q +1000	限界拡散性水素量 (ppm)
実施例	1	550	1338	○	○	1.54
	2	550	1408	○	○	0.91
	3	500	1362	○	○	1.54
	4	625	1426	○	○	1.40
	5	650	1312	○	○	1.70
	6	450	1316	○	○	0.70
	7	570	1470	○	○	0.90
	8	700	1605	○	○	0.95
	9	660	1550	○	○	1.05
	10	640	1502	○	○	1.20
比較例	11	525	1652	×	×	0.12
	12	440	1469	×	×	0.29
	13	390	1567	×	×	0.05
	14	290	1384	×	×	0.09
	15	435	1482	×	×	0.40
	16	450	1473	×	×	0.45
	17	450	1497	×	×	0.25
	18	400	1651	×	×	0.10

$$Ce_5 = C + (Mn/6) + (Si/24) + (Ni/40) + (Cr/5) + (Mo/4) + (V/14)$$

式を満たす: ○ 式を満たさない: ×

【0024】

以上のことから、本発明の超高力ボルトは、室温域および600°C～650°Cの高温域で耐火性（高温強度）および耐遅れ破壊特性に優れ、「高力ボルト接合設計施工指針」の規定に充分に満足する特性を有するものであり、この超高力ボルトを使用することによって、無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造を実現できることが確認できる。

【0025】

【発明の効果】

本発明は、火災を受ける可能性のある鉄骨構造物を形成する高力ボルト接合部構造において、室温で従来のF10Tのボルト引張強さ（TS）の1.2倍以上で、600°C～650°Cでも充分なボルト引張強さを有する耐火性および耐遅れ破壊特性に優れた超高力ボルトを使用するものであり、これによって無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造を実現することができる。

また、本発明使用するナットおよび座金の場合には、高力ボルトで求められるような剪断応力が作用しないことの確認により、耐火性能を規定していない一般的な構造用高力六角ナット、構造用高力平座金で対応することができるようになり、コストの上昇を抑えることができる。さらに、本発明で使用する柱・梁部材、接合金物などの部材は、コスト負担が大きい高温時の強度が保証された鋼材で形成する部位を、使用部位によって求められる特性に応じて厳選することにより、素材コスト負担を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

梁部材を対象とする、従来のF10Tの高力ボルトによる高力ボルト摩擦接合構造例を示す立体説明図。

【図2】

梁部材を対象とする、本発明の超高力ボルトによる高力ボルト摩擦接合構造例を示す立体説明図。

【図3】

鋼材の焼戻し温度と引張強さとの関係を示す説明図。

【図4】

鋼材の炭素当量と引張強さとの関係を示す説明図。

【図5】

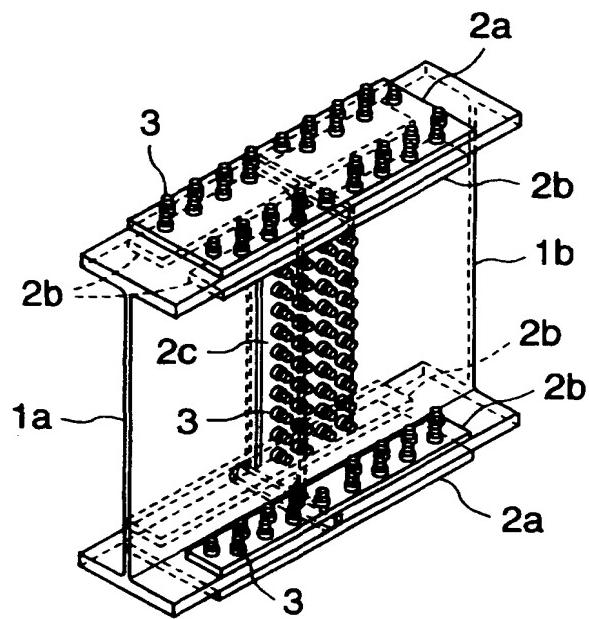
鋼材の引張強さと試験温度との関係を示す説明図。

【符号の説明】

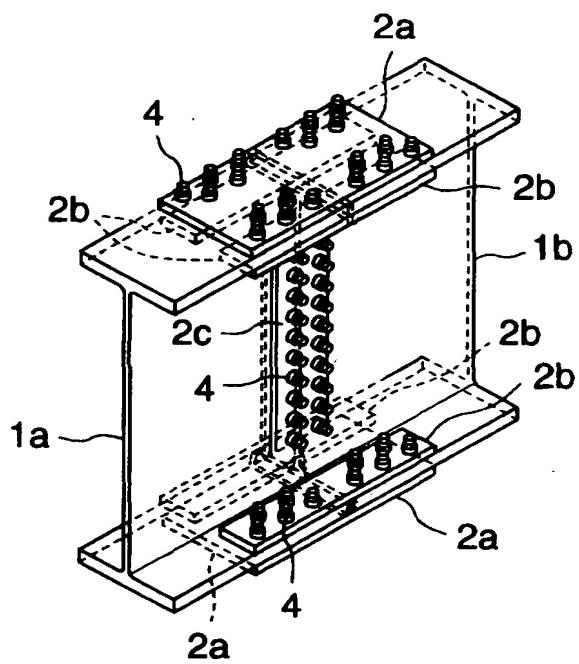
- 1 a、1 b 梁部材
- 2 a フランジ外側添板
- 2 b フランジ内側添板
- 2 c ウエブ側部添板
- 3 高力ボルト (F10T)
- 4 超高力ボルト (本発明)

【書類名】 図面

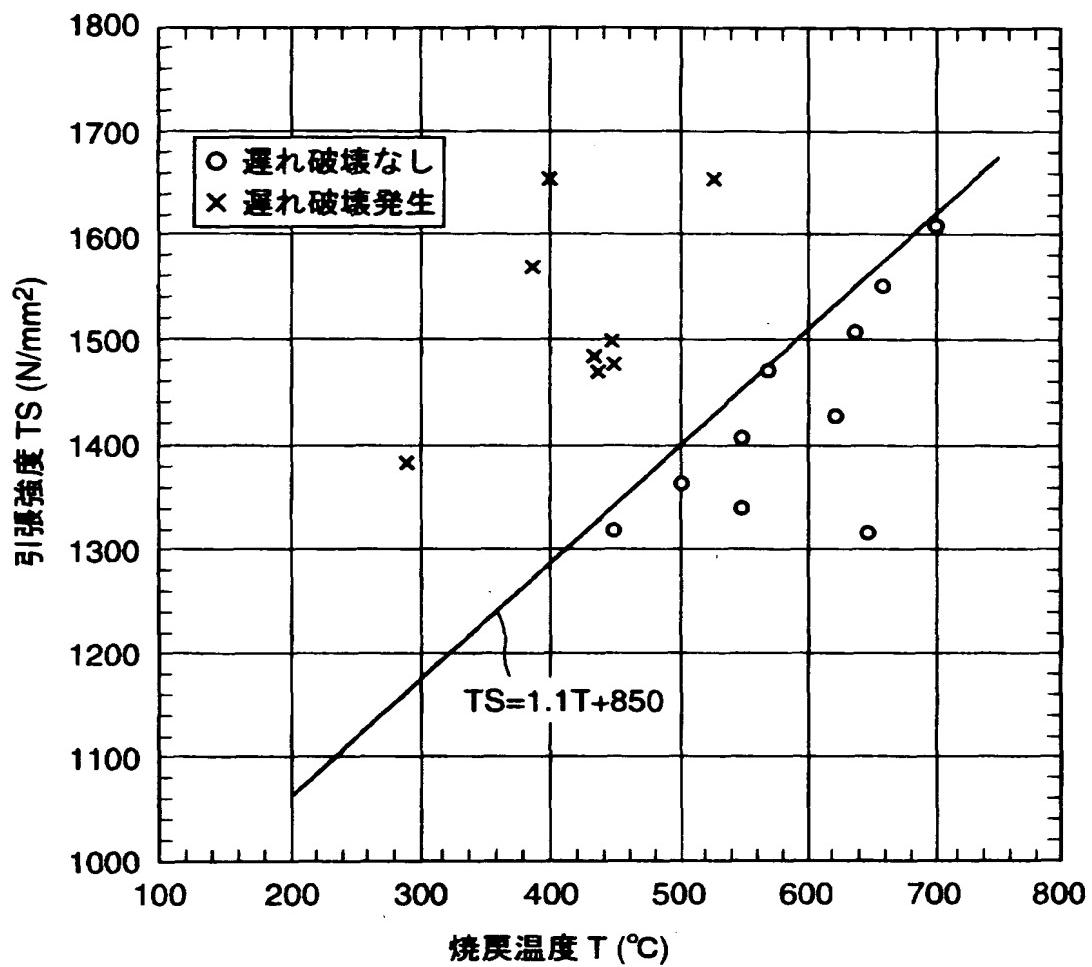
【図1】



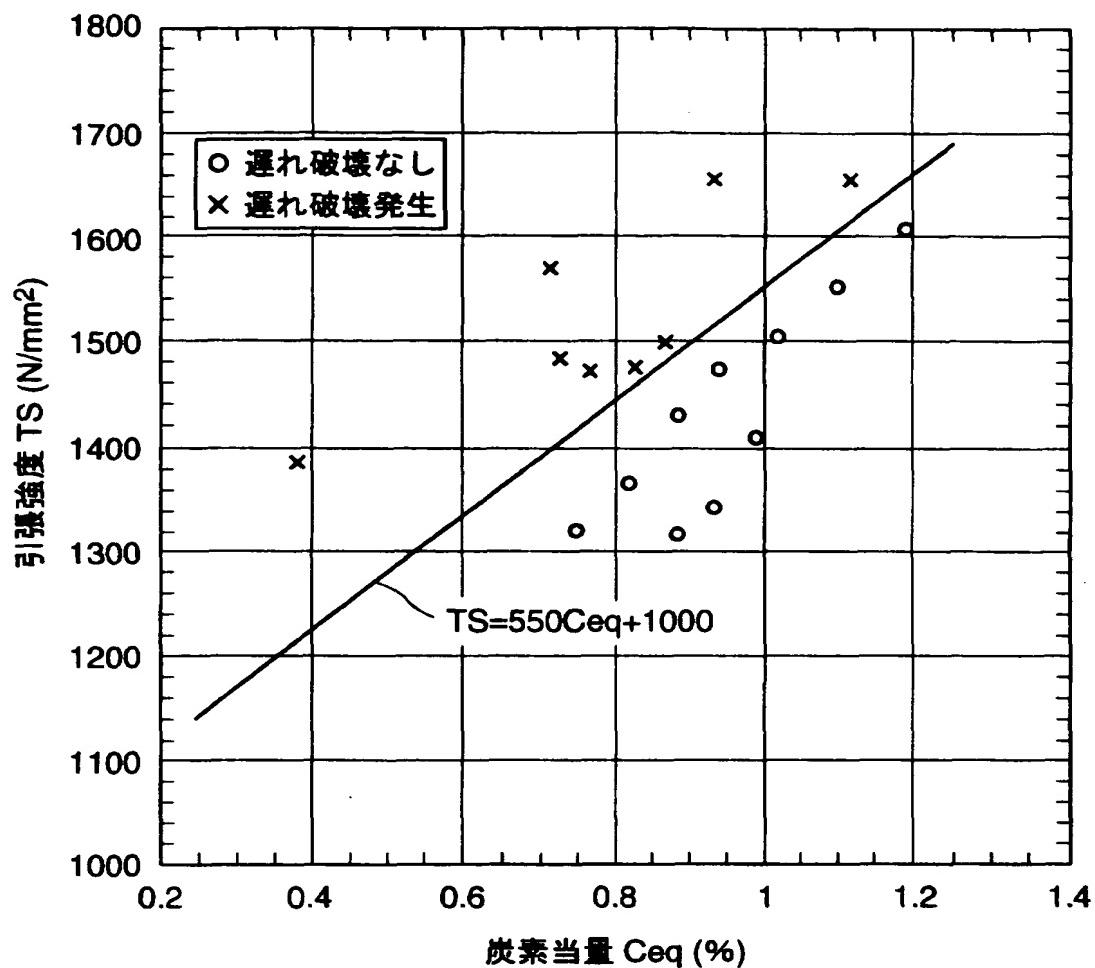
【図2】



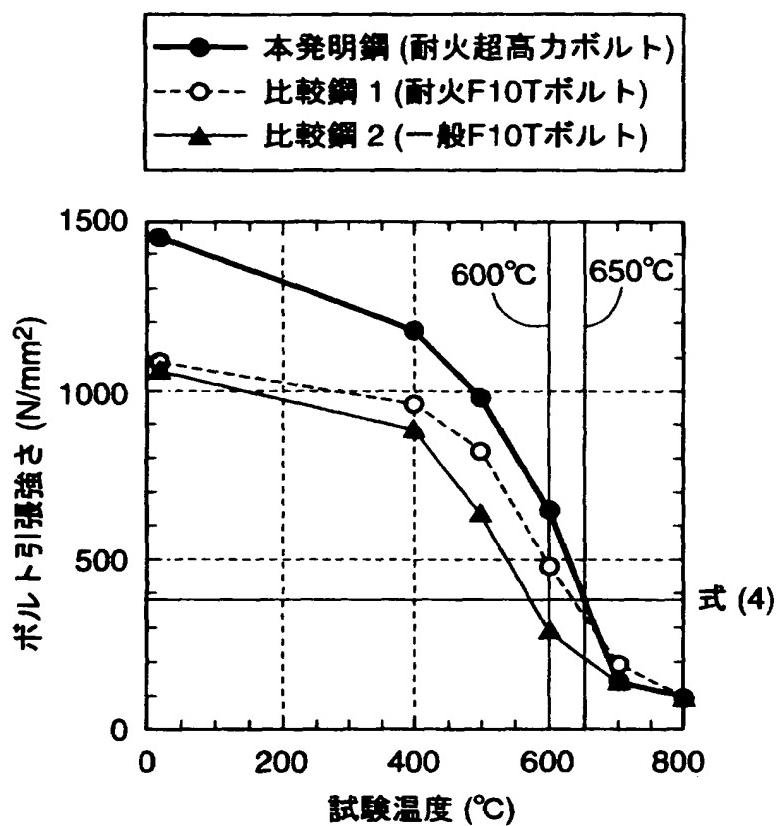
【図3】



【図4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 火災を受ける鉄骨構造物の高力ボルト接合部構造であって、接合部全体の素材コスト低減を図ると同時に、600℃～650℃の高温域において、接合部の高温強度を十分確保可能で、耐火被覆や、耐火材による保護構造に依存しない無耐火被覆構造を有利に実現可能な高力ボルト摩擦接合構造を提供する。

【解決手段】 室温で 1200N/mm^2 以上のボルト引張強さ（TS）を有し、かつ、600℃～650℃でのボルト引張強さが $0.202 \times \sqrt{3} \times TS \times (\text{ねじ部有効断面積}/\text{軸部断面積})$ 以上である、耐火性および耐遅れ破壊性に優れた超高力ボルトを使用した無耐火被覆高力ボルト摩擦接合部構造。

【選択図】 図2

特願2002-266534

出願人履歴情報

識別番号 [000006655]

1. 変更年月日 1990年 8月10日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区大手町2丁目6番3号
氏 名 新日本製鐵株式会社